亞麻立枯病之種子傳播和種子處理試驗[1]

杜 金 池　　程 永 雄[2]

摘要：亞麻立枯病病原菌雖係土壤傳播眞菌，但也可經由種子而傳播。採收自罹病亞麻田之種子質輕、不飽滿而略扁平、表面有皺紋 、 無光澤、千粒重爲2.3～3.0g, 依發病程度而異；反之健全田之種子較重、飽滿、黑褐色、表面平滑、有光澤、千粒重爲 3.6g。 種子攜帶病原菌之比率爲0.42～6.00%，與田間亞麻罹病率成正相關。病原菌亦可侵入種皮內，其比率爲 0.02～0.1 %。以發病亞麻田（發病率26～50%）採收之種子播種會引起萌前腐敗，亦可導致發生幼苗立枯病，前者達15.7%，後者爲7.6%。

亞麻種子以 50% Benlate W. P., Benlate T—20, 50% Vitavax-Thiram W. P., 50% Bavistin W. P. 等 0.5～1.0%（依重量計算）行拌種處理，可有效防止病原菌之蔓延，但因亞麻種子表面有膠質，遇水黏結成團，處理工作不易進行。故採用 Dowfume MC—2 1.5 lbs/ 22.32m^3 行燻蒸處理，爲既有效又經濟之方法。

緒　言

亞麻（*Linum usitatissium* L. ）爲最古老之紡織原料之一。其紡織品質韌， 似綢而有光澤，觸感殊柔軟，非一般人造纖維製品所能取代。本省栽培亞麻之歷史雖已達30年，但因栽培氣候條件特殊，栽培地區僅局限於彰化縣秀水、和美和鹿港、臺中縣烏日、南投縣草屯及雲林縣斗六和斗南一帶，栽培總面積歷年均爲3,000～4,000公頃之間。農民一般利用第二期稻作收割後第一期稻作插秧前之空閑稻田行不整地撒播栽培，對該地區農田之經濟利用和農民收益，幫助至鉅。惟自民國58年以來，彰化縣秀水及和美一帶，亞麻普遍發生萎凋枯死病狀，經採集病株分離鑑定後證實爲亞麻立枯病。由於此等地區年年連作亞麻，對病原菌之傳播又未能注意防範，致立枯病迅速蔓延。民國64年發病面積已達 505 公頃，因病全廢麻田達 101 公頃，致農民對栽培亞麻漸失信心。

亞麻立枯病病原菌爲 *Fusarium oxysporum* (Schl.) Snyd. et Hans. f. sp. *lini* (Bol.) Snyd. et Hans., 屬於土壤傳染病原菌之一種，但也可依附種子而傳播[4]。該病原菌可在亞麻幼苗期引起幼苗嫩莖萎凋腐敗倒伏；通常在萌芽未出土前即被害，至株高10～20公分左右生育突然停頓，全株黃化萎凋，莖漸呈褐色並枯死。亞麻生育中、後期被害時，莖幹變褐色，葉片由下往上枯萎乾枯，嚴重時全田亞麻死亡，呈枯褐色，遠眺有如被火燒焦般之慘狀。

本病害目前尚乏有效防治方法。筆者等[8]曾試用殺菌劑如 Chloropycrin 及Demosan 等行土壤處理，發現僅能保護亞麻幼苗期之正常生長，至於生育中、後期之病害則無效果。利用殺菌劑處理土壤，因操作麻煩，人工和藥劑費用不貲，兼以保護期間又短暫，實無經濟實用價值。國外曾報導輪栽其他作物之辦法能有效防治本病害[1]，但由於病原菌在土壤中生存達 5 ～10年以上[4]， 而本省耕地有限，適合栽培亞麻之地區又不多，故也無法採行。選育抗病品種（系）似爲唯一可行之途徑，但在

本研究爲農復會研究補助計畫 74 (NSC) —A12—A—2438b 之部份成果。
1.試驗報告農試字第七五二號。
2.臺灣省農業試驗所技正兼植物病理系主任及同所臺南棉麻試驗分所技士。

抗病品種（系）尚未選育成功推廣前，探討本病害之傳播途徑，以最有效而經濟之方法防止病原菌之擴散蔓延，減少發病面積，應爲首要工作。本研究基於上述原則，期能瞭解病原菌依附種子傳播之方式、頻率及經濟有效之種子處理方法，有效地遏止本病害之繼續猖獗與蔓延。

方法與材料

在彰化縣秀水鄉亞麻產區將亞麻田依立枯病自然發生率分成5級，即：（1）不發病，（2）發病率1～25%，（3）發病率26～50%，（4）發病率51～75%及（5）發病率 76～100%等。各不同等級發病率之麻田均選擇5處，視同5重複，每處均5公畝。各處麻田經分別採收種子後儘可能拌匀，任取種子1,000公克攜回備用。不同發病等級之種子樣品又分成（1）經1% Chlorox (Sodium Hypochloride) 表面殺菌3分鐘，再經無菌水漂洗後陰乾，（2）如前述處理後將種皮剝開及（3）未處理（對照）等3種處理。各處理均5,000粒種子，培養於 PCNB-agar [6] 上，置於 25°C 恆溫下，分別於3日和5日後調查有否 *F. oxysporum* 自供試種子長出。記錄眞菌生長起源位置後移植於馬鈴薯蔗糖瓊脂培養基上純化，經接種試驗證實是否病原菌 *F. oxysporum* f. sp *lini*。另以3種不同來源亞麻種子，播種於盛裝無病原菌砂質壤土（經 60°C/60 min 蒸氣殺菌）之陶製栽盆內，調查種子發芽情形及幼苗罹病率。供試3種亞麻種子爲（1）採收自彰化縣秀水鄉亞麻立枯病發病田（發病率26～50%）之種子，（2）同（1）亞麻種子經1% Sodium hypochloride 殺菌後陰乾及（3）採收自彰化縣秀水鄉亞麻無病田之種子等。各栽盆（直徑 15cm, 高 17 cm）均播種亞麻種子30粒，6重複，反覆試驗2次。

種子藥劑處理試驗係以採收自田間立枯病自然發生率達28%之亞麻種子，分（1）未處理，（2）以立枯病病原菌大型分生胞子懸浮液 (2,000 spores/1 ml) 行人工接種後凉乾，及採收自無立枯病之健全亞麻田種子等3種種子來源進行試驗。除 Dowfume MC—2 以 1.5 lbs/22.32m^3 行密閉燻蒸14小時後通氣24小時外，其餘8種殺菌劑（表1）均按 0.5g/100g seed 及 1g/100g seed 之用藥量拌種處理。各藥劑均處理種子1公斤，處理後任取種子1,000粒，播種於塑膠栽培盤（長 52cm, ，廣 34cm, 高 12cm）內之無病原菌砂質壤土（經 60°C/60min 蒸氣殺菌）上。每處理爲5塑膠盤，每盤視同一重複，反覆試驗2次。本項試驗在溫室進行，溫度範圍 16—24°C。

表1. 供試藥劑及其有效成份

供試藥劑 Tested chemical	有效成份 Active ingredient
Orthocide W. P.	N-trichloromethyl thio-4-cyclohexene-1, 2 dicarboximide 80%
Arasan W. P.	Thiram (Tetramethyl thiaramdisulfide) 50%
Demosan	1, 4-dichloro-2, 5-dimethoxybenzene 65%
Benlate W. P.	1- (butylcarbamoyl) -2-benzimidazole carbamic acid ester 50%
Benlate T—20	Methyl 1-(butylcarbamoyl) -2-benzimidazole carbamate 20%, TMTD 20%
Vitavax W. P.	5, 6-dihydro-2-methyl-1, 4-oxathiin-3-Carboxanilide 34%
Vitavax-Thiram	5, 6-dihydro-2-methyl-1, 4-oxathiin-3-carboxanilide 50%, TMTD 50%
Bavistin W. P.	2- (Methoxy-carbamyl) -benzimidazol 50%
Dowfume MC—2	Methyl bromide 98% (壓縮氣體) Chloropicrin 2%

試驗結果

1. 亞麻田立枯病發病率與種子攜帶病原菌比率之關係

罹病田之種子質較輕，平均千粒種子重量依田間發病率而異；無發病者爲 3.6g， 發病 1 ～25% 者爲 3.1g, 26～50%者爲 2.7g, 51～75%者爲 2.4g, 76～100%者爲 2.3g。健全無病田之種子均飽滿結實，黑褐色，表面平滑，有光澤；反之採自罹病田之部份種子不飽滿而略呈扁平，色澤較淡，呈黑褐至黃褐色，表面有皺紋，無光澤（圖 1 ）。

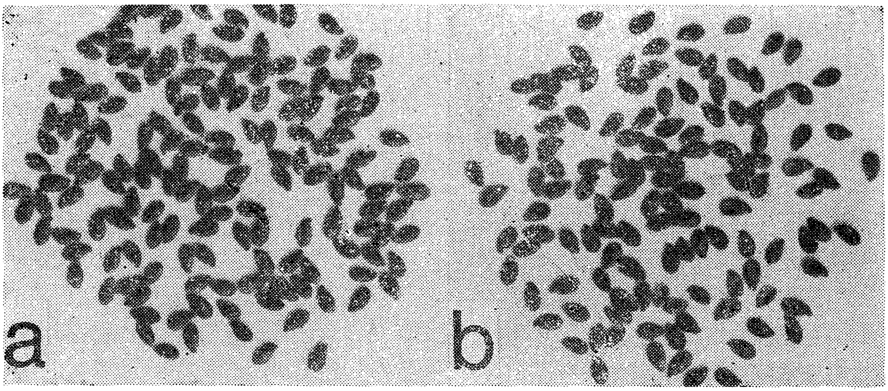

圖1. 健全種子和罹病種子之比較。a. 爲採收自無病健全田之種子，呈黑褐色、飽滿、表面光滑、有光澤。b. 爲採收自罹病田之種子，呈黃褐至黑褐色、不飽滿、表面有皺紋、無光澤。

無病田採收之種子未發現有攜帶立枯病病原菌之情形，反之採收自罹病田之種子攜帶病原菌（圖 2 ）之比率達0.42～6.00%。種子經表面殺菌後會順利發芽，但0.02～0.11%之幼根隨後長出亞麻立枯病病原菌菌落（圖 3 ），表示該病原菌係攜帶在種皮內。詳細種子來源和種子攜帶病原菌之比率如表 2 。

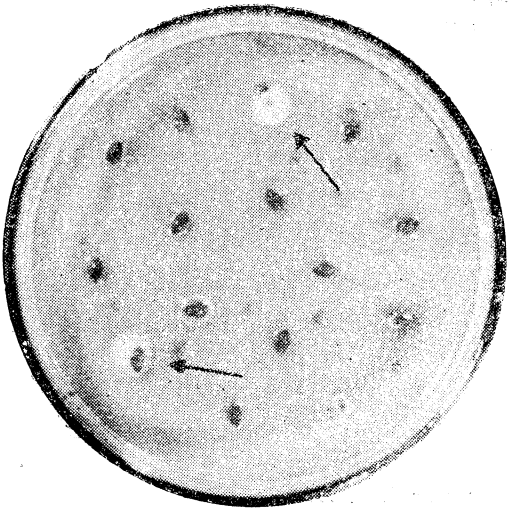

圖2. 攜帶立枯病病原菌之亞麻種子在 PCNB-agar 平板上產生菌落之情形。

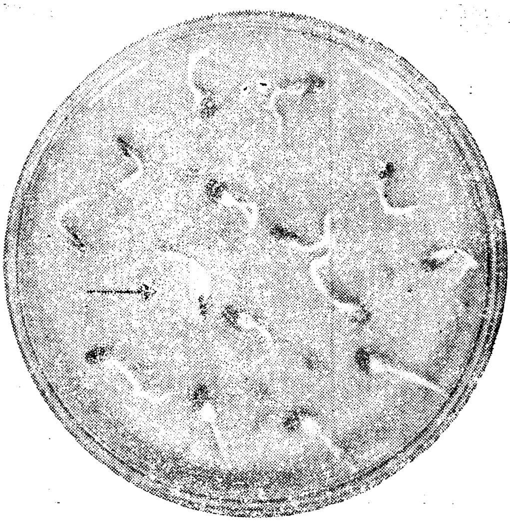

圖3. 幼根產生立枯病病原菌菌落之情形。

2. 立枯病發病田採收之種子傳播立枯病試驗

3種不同來源之種子播種後均於第3日開始萌芽，第8日發現幼苗罹立枯病。第20日綜合調查結果，自發病田採收之種子發芽率爲72.7%，幼苗罹立枯病率爲 7.6%，發病田種子經表面殺菌後種子發芽率爲88.4%，罹病率爲0.4%；健全無病田之種子發芽率爲96.6%，罹病率爲0。詳細種子來源和幼苗立枯病發生情形如表3。

表2. 立枯病不同發病率之亞麻田採收種子後携帶病原菌之百分率

Table 2. *Fusarium* wilt severity of flax field in relation to the percentage of seed carrying the pathogen after harvesting

種子採收來源 Wilt severity of field for harvesting seed	千粒重 (g) Weight per thousand seed (g)	立枯病病原菌攜帶率 (%) Seed carrying wilt pathogen (%)		
		表面殺菌 Surface distifection	表面殺菌後剝開種皮 Surface distifection and creak-open the seedcoat	未處理 Untreated
健全不發病亞麻田	3.6	0	0	0
發病率1～25%亞麻田	3.0	0	0.02*	0.42
發病率26～50%亞麻田	2.7	0.02*	0.03*	2.42
發病率51～75%亞麻田	2.4	0.11*	0.10*	5.35
發病率76～100%亞麻田	2.3	0.10*	0.80*	6.00

*表示病原菌係自幼根長出

3. 種子藥劑處理試驗

供試藥劑 Orthocide, Arasan, Demosan, Benlate, Vitavax, Bavistin, Vitavax-Thiram, Benlate T—20 等均爲二種拌種用藥量， Dowfume MC—2 爲燻蒸處理僅一種用藥量。播種後 20 日調查結果，發病田之種子無藥劑處理者，幼苗發生立枯病高達百分之百，而健全之種子無藥劑處理者無罹病株。 Vitavax 1%拌種處理之幼苗立枯病發生率爲89%，Demosan 0.5%拌種處理之發病率爲94%， Demosan 1%拌種處理之發病率爲 94% ，Arasan 0.5%拌種處理之發病率爲5%，Orthocide 0.5%拌種處理之發病率爲3%。餘者如 Benlate, Benlate T—20, Vitavax-Thiram 及 Dowfume MC—2 等處理均有良好之防治效果。詳細試驗結果列如表4。

表3. 不同來源之亞麻種子播種後幼苗發生立枯病之情形

Table 3. Percentage of wilted seedling after planting of seeds harvested from wilt-free and wilt-sick field

種子來源 Field for harvesting seed	發芽率 (%) Germination (%)	幼苗立枯病發生率 (%) * Seedling wilt (%)
立枯病發病田(發病率25～50%)之種子，未經表面殺菌	72.7	7.6 a
立枯病發病田(發病率25～50%)之種子，經表面殺菌	88.4	0.1 b
無病健全田之種子	96.6	0 b

*小體英文字母相同者表示依 Duncan 氏多種變域測驗法測得5%不顯著。

表4. 罹病田亞麻種子處理各種化學藥劑後對幼苗立枯病之防治效果

Table 4. The effect of the treatment of seeds from wilt-sick field with various chemicals for the control of *Fusarium wilt*

供試藥劑 Tested chemical	用藥量公克/100公克種子 Dosage (g/100 g seed)	發芽率(%) Germination (%)	幼苗罹立枯病率(%)* Seedling wilt (%)	備註 Remarks
80% Orthocide W. P.	0.5	78	3 ab	拌種處理
	1	80	3 a	拌種處理
50% Arasan W. P.	0.5	84	5 ab	拌種處理
	1	76	0 a	拌種處理
65% Demosan W. P.	0.5	68	94 c	拌種處理
	1	66	94 c	拌種處理
50% Benlate W. P.	0.5	72	0 a	拌種處理
	1	92	0 a	拌種處理
Vitavax W. P.	0.5	62	100 c	拌種處理
	1	70	89 c	拌種處理
Vitavax-Thiram	0.5	90	0 a	拌種處理
	1	78	0 a	拌種處理
Bavistin W. P.	0.5	72	0 a	拌種處理
	1	94	0 a	拌種處理
Benlate T—20	0.5	74	0 a	拌種處理
	1	84	0 a	拌種處理
Dowfume MC—2		96	0 a	1.5磅/22.32m³燻蒸14hr通氣24hr
CK_1 發病田種子		58	100 c	
CK_2 健全無病田種子		83	0 a	

*小體英文字母相同者表示依 Duncan 氏多種變域測驗法測得 5 %不顯著。

討　論

亞麻立枯病可生存於土壤中，因此病田土壤及罹病亞麻殘株均可攜帶病原菌隨風、水、農具、人、耕牛、家畜、家禽甚至飛鳥和昆蟲等而傳播至無病地區[4]。上述帶菌體或傳播媒介均屬局部短距離之傳播方式。病原菌依附種子傳播則無遠不達；使病原菌因播種而普遍化，甚至超越國境而長距離傳播[2]。因此，確認亞麻種子傳播立枯病病原菌之事實，根絕種子傳播病原菌之機會，爲遏止亞麻

立枯病迅速蔓延之主要手段。

亞麻發生立枯病後，即使未致萎凋枯死，蒴果亦往往結實不佳，致種子瘦小不飽滿而有皺紋，收穫時容易沾附病原菌於種皮表面。發病田未罹病亞麻株雖然蒴果發育正常，但因和病株同時混雜採收，亦增加種子汚染病原菌的機會。依據本試驗結果，種子帶菌率和亞麻田立枯病發病率成正相關，亞麻田發病率1～25%者帶菌率爲0.42%，而76～100%發病率者高達 6.00%。種子經表面殺菌後可自幼根產生病原菌菌落（表2），證明病原菌亦可侵入種皮內。據 Tochinai [7] 報導，病原菌侵入亞麻種皮後可在種子內維持長期間的休眠狀態。至於立枯病病原菌侵入種皮之方法和時期，則尚待研究。

據 Kommedahl [3] 報導，採用罹病田之種子播種後發現種子罹病率爲0.3%，因氏並未記載罹病田之發病率，故其種子帶菌率之報導並無意義。本研究以自亞麻立枯病發病率達26～50%之田間採得之種子播種後種子發芽率僅72.8%，經表面殺菌後發芽率達88.4%，其間發芽率相差達15.6%之譜。此一差別率顯然是因種子附帶病原菌引起『萌前腐敗』使然。又播種採自健全無病田之種子發芽率爲96.6%，與病田（26～50%發病率）之種子發芽率相差達23.8%。因此，利用採自罹病田之種子播種，姑不論其已將病原菌引入田間，導致日後亞麻株罹患立枯病之可能性，僅因發芽率不良，單位面積株數不足，已使將來麻莖品質、產量受到重大之影響。

採收自發病田之種子即使順利發芽，幼苗在20日內立枯病罹病率亦達 7.6%（表3）。在潮濕、高溫之環境下，枯死幼苗表面產生大量的大型分生胞子，連同罹病枯死幼苗殘體成爲田間立枯病之侵染源，使病害迅速擴大，猖獗發生。

鑑於上述病田種子傳播病原菌之嚴重事實，實行種子處理尚不失爲最經濟而有效的方法。本研究證明利用50% Benlate W. P. ，Benlate T—20, 50% Vitavax-Thiram W. P. 及 50% Bavistin W. P. 等0.5～1.0%（依重量計算）行拌種處理，及 Dowfume MC—2 用藥量 1.5 lbs/22.32m^3 燻蒸處理，均能有效增加種子發芽率及防止幼苗立枯病之發生（表4）。惟因亞麻種子種皮外有膠質，遇水後相互黏成一團，不易均勻拌種，故大量倉庫貯存種子，應採用燻蒸處理較爲理想。

參 考 文 獻

1. Bolley, H. L. 1901. Flax wilt and flax sick soil. No. Dak. Exp. Sta. Bull. No. 50. 60p.
2. Bolley, H. L., and T. F. Manns. 1932. Fungi of flax-seed and of flax-sick soil. No. Dak. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 259. 57p.
3. Kommedahl, T. 1951. Some factors affecting wilt in a flax-wilt nursery. Phytopathology 41 : 22.
4. Kommedahl, T., J. J. Christensen, and R. A. Frederiksen. 1970. A half century of research in Minnesota on flax wilt caused by *Fusarium oxysporum*. Minn. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 273. 35p.
5. Nair, P. N., and T. Kommedahl. 1957. The establishment and growth of *Fusarium lini* in flax tissues. Phytopathology 47 : 25.
6. Nash, S. N., and W. C. Snyder. 1962. Quantitative estimations by plate counts of propagules of the bean root rot Fusarium in field soils. Phytopathology 52 : 567—572.
7. Tochinai, Y. 1925. Comparative studies on the physiology of *Fusarium lini* and *Colletotrichum lini*. J. Coll. Agr., Hokkaido Imperial Univ. 14 (Pt. 4) : 171—236.
8. 杜金池、程永雄，1964，亞麻立枯病藥劑防治試驗。臺灣省農業試驗所民國62年年報 p. 172。

STUDIES ON SEED TRANSMISSION OF FLAX FUSARIUM WILT AND ITS CONTROL WITH SEED TREATMENT[1]

by

C. C. Tu and Y. H. Cheng [2]

Summary

Although flax wilt pathogen, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini*, is a well known soil-borne fungus, it can also be transmitted by seeds. Seeds harvested from diseased flax fields are lighter, yellowish to dark brown, rough and dull, weight per thousand seeds varied from 2.3 to 3.0 g depending upon the percentage of wilt flax in the field. On the other hand, seeds from healthy flax fields are heavier, dark brown, smooth and shining, weight per thousand seeds is 3.6 g. Seeds from diseased fields carried *F. oxysporum* f. sp. *lini* with the rates varied from 0.42 to 6.00%, proportioned with the severity of flax wilt. However, wilt pathogen was detected not only on the seed but also in the seed. There were 0.02—0.10% of seeds found to carry the pathogen inside the seedcoat. Sowing of seeds from moderately diseased field (26—50% of flax wilt) resulted 15.7% of pre-emergence rot and 7.6% of seedling wilt.

Slurry-overcoating of flax seeds with Benlate, Benlate T—20, Vitavax-Thiram, or Bavistin at the rate of 0.5—1.0% by weight was effective in controlling seedling wilt and increasing stands. However, because of flax seeds are covered with a layer of gelatinous substance and are adhering in mass when wet, slurry-overcoating is not a good method for flax seed treatment. Fumigation with Dowfume MC—2 at the rate of 1.5 lbs/22.32 cu m for 14 hr during the storage period in a compact warehouse is recommended.

This study was supported by JCRR grant No. 74 (NSC) —A12—A—2438b.

1. Research report serial No. 752.
2. Senior Plant Pathologist and Head of the Department of Plant Pathology and Plant Pathologist of Tainan Fiber Crops Experiment Station, Taiwan Agricultural Research Institute, respectively.